

Д. С. Маслов¹, Ю. В. Волкова^{1,2}, А. А. Волкова¹

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²ООО «УПК», Екатеринбург

jv.volkova @urfu.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ/БИОМАССЫ/ОТХОДОВ

В статье рассматриваются следующие способы газификации твёрдого топлива и биомассы: воздушная, паровая, кислородная, пиролиз и газификация сверхкритической водой (СКВ). Были определены критерии, определяющие качество полученного синтез-газа и дальнейшее его использование для получения энергии, описаны особенности и технические характеристики технологий газификации: воздушной, паровой, кислородной, сверхкритической водной и пиролиза.

Ключевые слова: газификация; паровая и воздушная газификация; сверхкритическое окисление; пиролиз.

D. S. Maslov¹, Y. V. Volkova^{1,2}, A. A. Volkova¹

¹Ural Federal University, Ekaterinburg, ²LLC «UIC», Ekaterinburg

jv.volkova@urfu.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF HIGH-TEMPERATURE GASIFICATION TECHNOLOGIES OF COAL / BIOMASS / WASTE

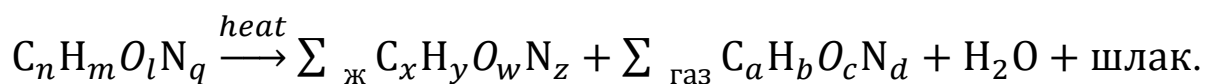
The paper includes the comparative analysis following methods of gasification of solid fuel and biomass: air, steam, oxygen, pyrolysis and gasification with supercritical water (SCW). Criteria were determined that will influence the quality of the produced synthesis gas and its further use for energy. The features and technical characteristics of the following gasification technologies: air, steam, oxygen, supercritical water, and pyrolysis are described.

Keywords: gasification; steam and air gasification; supercritical oxidation; pyrolysis.

Введение. С каждым годом население планеты растет, что увеличивает потребление ресурсов. Часто происходят колебания валют, и это сказывается на стоимости газа и нефти, кроме того, имеет место технологическое несовершенство методов добычи последней [1–3]. К тому же нефть и газ не являются возобновляемым ресурсом – все это не позволит поддерживать имеющийся уровень энергообеспечения [4]. Поэтому более рациональным решением будет использование таких доступных ресурсов, как уголь, биомасса и органические отходы, последние является экологически чистым и возобновляемым источником сырья. Так как большинство ископаемых твердых топлив имеют относительно низкую теплоту сгорания (например, уголь бурый – 19 МДж/кг, торф фрезерный – 9 МДж/кг [5]), и при сжигании образуют опасные вещества, то наиболее эффективным способом их энергетического использования является газификация.

Целью работы было сравнить технологии высокотемпературной газификации. Определить преимущества и недостатки технологий, основные характеристики процессов и получаемого топлива.

Процессы газификации и сжигания схожи в химическом соединении восстановителя (углерода и водорода) с окислителем (кислородом). Газификация проходит в условиях недостатка кислорода ($\alpha < 1$), и полного окисления топлива не происходит, тогда как сжигание происходит в условиях избытка кислорода ($\alpha > 1$), и топливо полностью окисляется [6]. Пути повышения интенсивности процессов газификации в основном связаны с: повышением давления процесса; увеличением реакционной поверхности топлива; увеличением температуры в реакционных зонах, (например, в аппаратах с жидким шлакоудалением температура может достигать 1600 °С). В обобщенном виде реакцию процесса газификации можно записать в общем виде:



Методы. Исследования проводились путем анализа литературы за период с 2013 года крупнейшего научного издательства мира «Elsevier». Для сравнения были определены следующие критерии: исходное сырье; ключевые параметры, которые оказывают влияние на эффективность; особенности технологии, конструктивные или с точки зрения автоматизации процесса; производительность оборудования, количество производимого синтез-газа / подаваемого топлива.

Результаты. В результате проведенного исследования были определены технологии высокотемпературной газификации, которые в основном используются в мировой практике. Данные были сведены в схему (рисунок) с указанием типа газифицирующего агента, состава и диапазона калорийности получаемого газа.



Виды высокотемпературной газификации по типу газифицирующего агента

1) Воздушная газификация: является самым простым методом, при котором процесс газификации происходит только за счет кислорода воздуха. В получаемом газе большое содержание азота и, следовательно, низкая теплота сгорания.

2) Паровая газификация: в процессе паровой газификации требуется внешний источник теплоты и воды. Полученный газ не содержит азота и обладает более высокой теплотой сгорания при сравнении с воздушной газификацией.

3) Кислородная газификация: при использовании в качестве газифицирующего агента чистого кислорода, в полученном газе азота тоже не будет. Для реализации процесса необходимо наличие чистого кислорода, что с экономической точки зрения удорожает процесс.

4) Пиролиз: Газифицирующим агентом является теплота, подведенная извне, например, через стенку. Во время процесса происходит термическое разложение органических и неорганических соединений [6].

5) Сверхкритическая водная газификация (СКВГ): является перспективной технологией с точки зрения преобразования угля, биомассы, или органических отходов в смесь горючих газов (H_2 , CO) [1, 2] В результате можно получить газ с высокой теплотой сгорания при утилизации низкокалорийных топлив. Вода при сверхкритических параметрах представляет собой одну фазу, которая обладает характеристиками как газа, так и жидкости, таким образом отсутствует граница раздела жидкость/газ [3, 4]. При осуществлении сверхкритической газификации органические вещества (C, H и O) преобразуются в смесь газов (в основном в H_2 и CO_2), а другие элементы, поступающие с исходным сырьем, например, N, S, P, As и Hg выпадают в виде осадка неорганических солей. Отделение CO_2 от H_2 является достаточно простым, растворимость сильно зависит от давления и температуры при приближении к критической области [1].

Обсуждение и выводы. Рассмотренные в анализе технологии высокотемпературной газификации имеют свои преимущества и недостатки и применение той или иной технологии обуславливается следующими факторами: состав и количество исходного сырья, необходимость в электрической и/или тепловой энергии, способы доставки сырья, эксплуатационные затраты. Исходя из сравнительного анализа, с точки зрения возможности применения разнообразных типов исходного сырья и при этом получения газа с наивысшей теплотой сгорания, наиболее эффективной является технология сверхкритической газификации. Опытные установки различной мощности были реализованы в Китае [1, 3] и в России [4], а также в других странах [2], но при реализации технологии СКВГ необходимо решить ряд технологических и конструктивных

вопросов, которые позволят сделать данную технологию наиболее эффективной и безопасной.

Список использованных источников

1. Susastriawana A .A. P., Saptoadi H., Purnomo. Small-scale downdraft gasifiers for biomass gasification : A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 76. P. 989–1003. DOI: 10.1016/j.rser.2017.03.112
2. Zhewen Chen, Xiaosong Zhang, Lin Gao, Sheng L. Thermal analysis of supercritical water gasification of coal for power generation with partial heat recovery // Applied Thermal Engineering. 2017. Vol. 111. P. 1287–1295. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2016.10.110
3. Liejin Guo, Hui Jin, Youjun Lu. Supercritical water gasification research and development in China // J. of Supercritical Fluids. 2015. Vol. 96. P. 144–150. DOI: 10.1016/j.supflu.2014.09.023
4. Vostrikov A. A., Fedyaeva O. N. Development concept of environmentally sound power industry based on oxidation of fuels in supercritical water // Сверхкритические флюиды (СКФ) : фундаментальные основы, технологии, инновации : тезисы докладов IX науч.-практ. конф. с междунар. участием (Сочи, 09–14 октября 2017 г.). М. : ЗАО «Шаг», 2017. С. 226–228.
5. Удельная теплота сгорания топлива и горючих материалов [Электронный ресурс]. URL: <http://thermalinfo.ru/eto-interesno/udelnaya-teplota-sgoraniya-topliva-i-goryuchih-materialov> (дата обращения: 27.11.2018)
6. Алешина А. С., Сергеев В. В. Газификация твердого топлива : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010. 202 с.